

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-042161

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

G06T 15/60

(21)Application number : 2000-223586

(71)Applicant : KUSO KAGAKU KK

(22)Date of filing : 25.07.2000

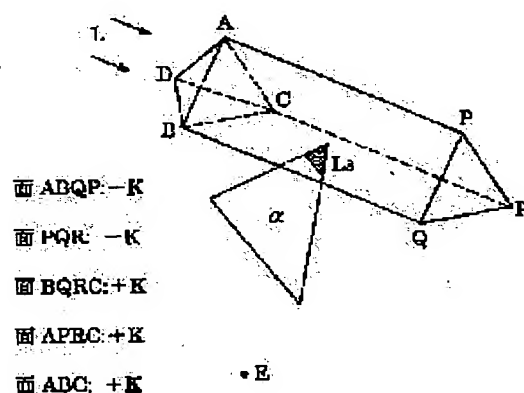
(72)Inventor : FUCHIGAMI KAZUO

(54) LUMINANCE HIGH SPEED ADJUSTMENT METHOD BASED ON LIGHT IN 3D COMPUTER GRAPHICS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quickly and accurately draw a shadow range of an object due to light or an object irradiated area by light on a display device by means of a simple less computing.

SOLUTION: The respective apexes A, B, C of a polygons ABC are shifted to a boundary of a drawing space in the light vector directions so as to form a three-dimensional body ABCPQR as the shadow space of the polygon ABC. On the respective planes constituting the three-dimensional body ABCPQR, the back face area of the three-dimensional body ABCPQR from a viewpoint E in drawing is brightened by increasing its luminance by a fixed value K, and the front face area of the three-dimensional body ABCPQR from the viewpoint E in drawing is darkened by reducing its luminance by the fixed value K, while a change of luminance after negative image processing is prohibited in a certain negative plane polygon ABC.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-42161
(P2002-42161A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 6 T 15/60

識別記号

F I
G 0 6 T 15/60

テ-マ-ト* (参考)
5 B 0 8 0

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-223586 (P2000-223586)

(22) 出願日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(71) 出願人 397070738

空想科学株式会社

埼玉県坂戸市南町3番2号

(72) 発明者 淵上 和男

埼玉県坂戸市南町3番2号 空想科学株式
会社内

(74) 代理人 100083770

弁理士 中川 國男

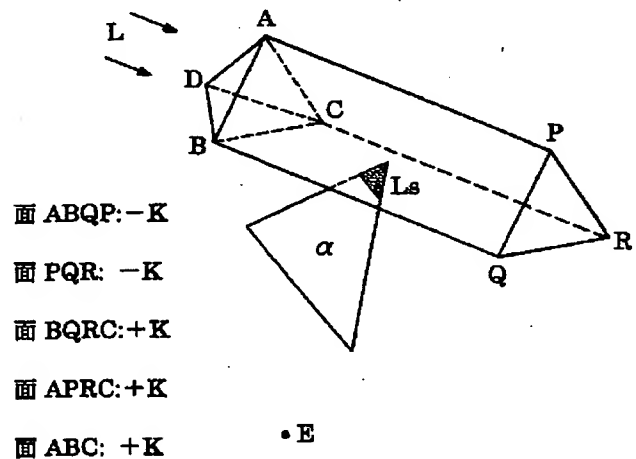
Fターム (参考) 5B080 AA13 BA07 DA07 GA00 GA12
GA13

(54) 【発明の名称】 3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光による物体の影の範囲や、光による物体の光照射域を少なく簡単な演算により、表示装置上に高速で正確に描画できるようにする。

【解決手段】 ポリゴン (ABC) の各頂点 (A、B、C) を光のベクトル方向に描画空間の境界に移動させ、ポリゴン (ABC) の影空間として立体 (ABCPQR) を形成するとともに、この立体 (ABCPQR) を構成する各面について、描画するときの視点 (E) から見て、立体 (ABCPQR) の裏の面の範囲の輝度を定値 (K) だけ加算して明るくし、また描画するときの視点 (E) から見て、立体 (ABCPQR) の表の面の範囲の輝度を定値 (K) だけ減算して暗くする処理をする過程で、ある陰面のポリゴン (ABC) について陰面処理後の輝度の変更を禁止しておく。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 3Dコンピュータグラフィックスにおける影(Ls)の発生処理で、Zバッファ方式またはそれに準じる方式により描画対象となる描画空間内の立体(ABCD)の描画を終えた後に、描画空間に存在する立体(ABCD)を構成するすべてのポリゴン(ABC、ACD、ADB)のうち光(L)に対して裏となるポリゴン(ABC)について影(Ls)の発生処理を行う過程において、ポリゴン(ABC)の各頂点(A、B、C)を光(L)のベクトル方向に描画空間の境界に移動させ、ポリゴン(ABC)の影空間として立体(ABCPQR)を形成するとともに、この立体(ABCPQR)を構成する各面について、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の裏の面の範囲の輝度を定値(K)だけ加算して明るくし、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の表の面の範囲の輝度を定値(K)だけ減算して暗くする処理をすることによって、立体(ABCPQR)の影空間内にポリゴン(α)が存在しないとき、立体(ABCPQR)の各面の輝度を($K-K=0$)により変化のない状態とし、また立体(ABCPQR)の影空間内にポリゴン(α)が存在するとき、描画時に視点(E)に対してポリゴン(α)より奥にある立体(ABCPQR)の面を隠面消去により描画処理せず、隠面消去の領域の輝度を定値(K)だけ明るくしないことにより、ポリゴン(α)より視点(E)に対して手前にある立体(ABCPQR)の面、すなわち視点(E)に対して表の面の範囲にある輝度を結果的に定値(K)だけ減算する処理とし、表現上、ポリゴン(ABC)の影(Ls)がポリゴン(α)に投影されている状態と同等とすることで、高速かつ正確にポリゴン(α)にポリゴン(ABC)の影(Ls)を描画することを特徴とする3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項2】 影空間としての立体(ABCRQP)内に、複数のポリゴン(α)が存在しているとき、輝度の調整を視点(E)に対して裏から表への順に行い、輝度の調整幅を一段階とし、その範囲を超えたときには、輝度の減算値を定値(K)のみとすることを特徴とする請求項1記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項3】 視点(E)が影空間としての立体(ABCRQP)内に入っていて、視点(E)に対して表の面が存在しないとき、例外的に表の面が視界を覆っている状態として処理することを特徴とする請求項1記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項4】 影空間としての立体(ABCRQP)内の隣接するポリゴン(α)のどちらにも影(Ls)を落とすとき、ポリゴン(α)の共有する辺の影の処理を省

略することを特徴とする請求項1記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項5】 ある陰面のポリゴン(ABC)が他のポリゴン(EFG)の影空間としての立体(EFGSTU)と干渉するとき、立体(ABCD)の描画を終えた段階で、ある陰面のポリゴン(ABC)についての陰面処理後の輝度の変更を禁止しておくことにより、他のポリゴン(EFG)の影付け処理によってある陰面のポリゴン(ABC)での輝度の低下を防止することを特徴とする請求項1記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項6】 3Dコンピュータグラフィックスにおける光(L)による光照射域(Li)の発生処理で、Zバッファ方式またはそれに準じる方式により描画対象となる描画空間内の立体の描画を終えた後に、描画空間に存在する立体を構成するすべてのポリゴンのうち、光(L)を通過させるポリゴン(ABC)について光照射域(Li)の発生処理を行う過程において、ポリゴン(ABC)の各頂点(A、B、C)を光(L)のベクトル方向に描画対象となる描画空間の境界に移動させ、ポリゴン(ABC)による光照射空間として立体(ABCPQR)を形成するとともに、この立体(ABCPQR)を構成する各面について、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の裏の面の範囲の輝度を定値(K)だけ減算して暗くし、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の表の面の範囲の輝度を定値(K)だけ加算して明るくする処理をすることによって、

立体(ABCPQR)の光照射空間内にポリゴン(α)が存在しないとき、立体(ABCPQR)の各面の輝度を($K-K=0$)により変化のない状態とし、また立体(ABCPQR)の光照射空間内にポリゴン(α)が存在するとき、描画時に視点(E)に対してポリゴン(α)より奥にある立体(ABCPQR)の面を隠面消去により描画処理せず、隠面消去の領域の輝度を定値(K)だけ暗くしないことにより、ポリゴン(α)より視点(E)に対して手前にある立体(ABCPQR)の面、すなわち視点(E)に対して表の面の範囲にある輝度を結果的に定値(K)だけ加算する処理とし、表現上、ポリゴン(ABC)による光照射域(Li)がポリゴン(α)に投影されている状態と同等とすることで、高速かつ正確にポリゴン(α)にポリゴン(ABC)からの光(L)の光照射域(Li)を描画することを特徴とする3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項7】 光照射空間としての立体(ABCRQP)に、複数のポリゴン(α)が存在しているとき、輝度の調整を視点(E)に対して表から裏への順に行い、輝度の調整幅を一段階とし、その範囲を超えたときに

は、輝度の加算値を定値(K)のみとすることを特徴とする請求項5記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項8】 視点(E)が光照射空間としての立体(ABCRQP)内に入っていて、視点(E)に対して表の面が存在しないとき、例外的に表の面が視界を覆っている状態として処理することを特徴とする請求項5記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項9】 光照射空間としての立体(ABCRQP)内の隣接するポリゴン(α)のどちらにも光照射域(Li)を発生するとき、ポリゴン(α)の共有する辺の光照射域(Li)の処理を省略することを特徴とする請求項5記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【請求項10】 あるポリゴン(ABC)が他の光(L)を通過させるポリゴン(EFG)の光照射空間としての立体(EFGSTU)と干渉するとき、立体(ABCD)の描画を終えた段階で、あるポリゴン(ABC)についての輝度処理後の輝度の変更を禁止しておくことにより、他のポリゴン(EFG)の光照射域(Li)の処理によって、あるポリゴン(ABC)での輝度の上昇を防止することを特徴とする請求項6記載の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3D(三次元)コンピュータグラフィックスにおいて、光による物体の影の輝度、または窓などからの光による物体の光照射域の輝度を高速かつ正確に描画する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】3Dコンピュータグラフィックスにおいて用いられる影の描画は、影を落とす可能性のある光に対して裏側のすべてのポリゴンについて、光に対し表側で影の落ちる可能性のあるポリゴンを含む平面に、ポリゴンを投影する処理により行われている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の方法で、影を描画するには、描画対象となるポリゴンの二乗に比例する量のベクトル演算を必要とした。演算に必要な計算は、初期の変換用の行列式を作式するときを除き、乗除算および加減算のみであり、それらの乗除算および加減算自体の負荷は、コンピュータに対して大きくない。

【0004】しかし、一般に、全計算量が膨大となるため、リアルタイムで描画が必要なインタラクティブな表現のときには、演算に必要な時間的な制約から、影を描画しているものでも、地面などの平面に落ちる影のみの描画が一般的に行われ、複雑な形状の立体にリアルタイムで影を正確に落とすことはもとより、擬似的にでも影

を落とすことさえ、実現できていなかった。

【0005】また、窓から入射する光や、透明体を透過して室内などに入射する光は、床、壁、複雑な形状の立体を照射して、周囲の輝度よりも高い輝度の光照射域を形成する。この光照射域は、周囲の輝度よりも低い輝度の影に対して、逆の関係にあり、上記の影と同様の理由により、簡単な演算により、描画できない。

【0006】したがって、本発明の目的は、光による物体の影の範囲や、光による物体の光照射域を少なく簡単な演算により、表示装置上に高速で正確に描画できるようにすることである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的のもとに、本発明は、3Dコンピュータグラフィックスにおける影(Ls)の発生処理で、Zバッファ方式またはそれに準じる方式により描画対象となる描画空間内の立体(ABCD)の描画を終えた後に、描画空間に存在する立体(ABCD)を構成するすべてのポリゴン(ABC、ACD、ADB)のうち光(L)に対して裏となるポリゴン(ABC)について影(Ls)の発生処理を行う過程において、下記の特徴な処理を実行する。

【0008】本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法は、ポリゴン(ABC)の各頂点(A、B、C)を光のベクトル方向に描画空間の境界に移動させ、ポリゴン(ABC)の影空間として立体(ABCPQR)を形成するとともに、この立体(ABCPQR)を構成する各面について、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の裏の面の範囲の輝度を定値(K)だけ加算して明るくし、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の表の面の範囲の輝度を定値(K)だけ減算して暗くする処理をする。

【0009】この処理により、立体(ABCPQR)の影空間内にポリゴン(α)が存在しないとき、立体(ABCPQR)の各面の輝度は、 $(K-K=0)$ により変化のない状態となる。

【0010】また、立体(ABCPQR)の影空間内にポリゴン(α)が存在するとき、描画時に視点(E)に対してポリゴン(α)より奥にある立体(ABCPQR)の面は、隠面消去により描画処理されず、隠面消去の領域の輝度を定値(K)だけ明るくならない。このため、ポリゴン(α)より視点(E)に対して手前にある立体(ABCPQR)の面、すなわち視点(E)に対して表の面の範囲にある輝度は、結果的に定値(K)だけ減算する処理となり、表現上、ポリゴン(ABC)の影(Ls)がポリゴン(α)に投影されている状態と同等となる。

【0011】このようにして、影空間としての立体(ABCPQR)の空間内で、ポリゴン(ABC)の影(Ls)は、簡単な輝度の調整計算により、ポリゴン(α)

に高速かつ正確に描画できることになる。

【0012】影空間としての立体(ABCRQP)内に、複数のポリゴン(α)が存在しているとき、輝度の調整を視点(E)に対して裏から表への順に行い、輝度の調整幅を一段階とし、その範囲を超えたときには、輝度の減算値を定値(K)のみとする。これにより、影(Ls)の範囲の輝度が必要以上に低くならない。

【0013】視点(E)が影空間としての立体(ABCRQP)内に入っていて、視点(E)に対して表の面が存在しないとき、例外的に表の面が視界を覆っている状態として処理する。これによって、上記の特殊な態様でも、同様な影処理が可能となる。

【0014】影空間としての立体(ABCRQP)内の隣接するポリゴン(α)のどちらにも影(Ls)を落とすとき、隣接するポリゴン(α)の共有する辺の影の処理を省略することにより、演算時間がより短くなる。

【0015】ある陰面のポリゴン(ABC)が他のポリゴン(EFG)の影空間としての立体(EFGPQR)と干渉するとき、立体(ABCD)の描画を終えた段階で、ある陰面のポリゴン(ABC)についての陰面処理後の輝度の変更を禁止しておくことにより、他のポリゴン(EFG)の影付け処理によって、ある陰面のポリゴン(ABC)での輝度の低下が防止でき、初期の輝度での立体(ABCD)の描画状態が保持できる。

【0016】ちなみに、前記のように、窓や透明体などから入射する光(L)は、床、壁、天井、その他の複雑な形状の立体を照射して、周囲の輝度よりも高い輝度の光照射域(Li)を形成する。この光照射域(Li)は、周囲の輝度よりも低い輝度の影(Ls)に対し、逆の関係にある。上記の影(Ls)の描画過程において、ポリゴン(ABC)を窓または透明体とすれば、立体(ABCPQR)は、入射する光(L)の光照射空間となる。そして、光(L)の光照射空間としての立体(ABCPQR)の各面に影(Ls)の描画時と異なる符号により輝度の調整を施せば、窓や透明体から入射する光(L)により、周囲の輝度よりも高い輝度の光照射域(Li)がポリゴン(α)に高速かつ正確に描画できる。

【0017】具体的に記載すれば、本発明は、3Dコンピュータグラフィックスにおける光(L)による光照射域(Li)の発生処理で、Zバッファ方式またはそれに準じる方式により描画対象となる描画空間内の立体の描画を終えた後に、描画空間に存在する立体を構成するすべてのポリゴンのうち、光(L)を通過させるポリゴン(ABC)について光照射域(Li)の発生処理を行う過程において、下記の特徴的な処理を実行する。

【0018】本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法は、光(L)を通過させるポリゴン(ABC)の各頂点(A、B、C)を光(L)のベクトル方向に描画対象となる描画空間の境

界に移動させ、ポリゴン(ABC)による光照射空間として立体(ABCPQR)を形成するとともに、この立体(ABCPQR)を構成する各面について、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の裏の面の範囲の輝度を定値(K)だけ減算して暗くし、描画するときの視点(E)から見て、立体(ABCPQR)の表の面の範囲の輝度を定値(K)だけ加算して明るくする処理をする。

【0019】輝度の加算処理または減算処理によって、立体(ABCPQR)の光照射空間内にポリゴン(α)が存在しないとき、立体(ABCPQR)の各面の輝度は、 $(K-K=0)$ により変化のない状態となる。また、立体(ABCPQR)の光照射空間内にポリゴン(α)が存在するとき、描画時に視点(E)に対してポリゴン(α)より奥にある立体(ABCPQR)の面は、隠面消去により描画処理されず、隠面消去の領域の輝度を定値(K)だけ暗くしないことにより、ポリゴン(α)より視点(E)に対して手前にある立体(ABCPQR)の面、すなわち視点(E)に対して表の面の範囲にある輝度は、結果的に定値(K)だけ加算する処理となり、表現上、ポリゴン(ABC)による光照射域(Li)がポリゴン(α)に投影されている状態と同等となる。

【0020】このようにして、光照射空間としての立体(ABCPQR)の空間内で、ポリゴン(ABC)からの光(L)の光照射域(Li)は、簡単な輝度の調整計算により、ポリゴン(α)に高速かつ正確に描画できることになる。

【0021】光照射空間としての立体(ABCRQP)に、複数のポリゴン(α)が存在しているとき、輝度の調整を視点(E)に対して表から裏への順に行い、輝度の調整幅を一段階とし、その範囲を超えたときには、輝度の加算値を定値(K)のみとすれば、光照射域(Li)の範囲の輝度が必要以上に高くなくなる。

【0022】視点(E)が光照射空間としての立体(ABCRQP)内に入っていて、視点(E)に対して表の面が存在しないとき、例外的に表の面が視界を覆っている状態として処理することにより、上記の特殊な態様でも、同様な光照射域(Li)の処理が可能となる。

【0023】光照射空間としての立体(ABCRQP)内の隣接するポリゴン(α)のどちらにも光照射域(Li)を発生するとき、ポリゴン(α)の共有する辺の光照射域(Li)の処理を省略することにより、演算時間がより短くなる。

【0024】あるポリゴン(ABC)が他の光(L)を通過させるポリゴン(EFG)の光照射空間としての立体(EFGSTU)と干渉するとき、立体(ABCD)の描画を終えた段階で、あるポリゴン(ABC)についての輝度処理後の輝度の変更を禁止しておくことにより、他のポリゴン(EFG)の光照射域(Li)の処理

によって、あるポリゴン(ABC)での輝度の上昇を防止でき、初期の輝度での立体(ABCD)の描画状態が保持できる。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法を実行するためのシステムを示している。入力器1は、キーボードや専用の描画器具などであり、インターフェース2を介してCPU3に接続されている。このCPU3は、入力器1からの指令にもとづいて、ディスクドライブ4からインターフェース2を介して、本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法のプログラムのほか、各種のプログラムを読み込んで、メモリ5に記憶するか、またはメモリ5に予め格納されているプログラムを読み出して、表示コントローラ6を介して表示装置としてのディスプレイ7により立体図形を表示する。

【0026】図2は、一例として無限遠方からの平行な光Lによって、もっとも単純な四面体の立体ABCDの影Lsをポリゴン α の一部に形成する例を示す。また、図3は、本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法にもとづく影発生処理のフローチャートを示している。

【0027】まず、オペレータは、図3の影発生処理のプログラムを開始し、Zバッファ方式またはZバッファ方式に準じる方式により、描画対象となる描画空間内で、影Lsの発生処理をしないまま、立体ABCDの描画を終えた後に、CPU3に本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法にもとづいて、影Lsの発生処理を指令する。なお、描画時に作成されたZバッファ内の内容は、影Lsの描画時に参照用として使用される。

【0028】影発生処理のプログラムは、描画空間に存在する立体ABCDを構成するすべてのポリゴンABC、ポリゴンACD、ポリゴンADBについて、光Lに対して表か裏かの判定を行う。この表か裏かの判定は、すべてのポリゴンABC、ポリゴンACD、ポリゴンADBについて、ポリゴン面の法線ベクトルと光Lの方向ベクトルとの内積をとることにより実行する。

【0029】立体ABCRQPの各面について、法線ベクトルの向きを立体ABCRQPの外側とすれば、視点Eを中心とした座標系について、奥方向をZ軸の正方向と考えれば、立体ABCRQPの面の法線ベクトルのZ成分が正の場合に視点に対して裏、負の場合に視点に対して表となる。

【0030】したがって、ポリゴン面の法線ベクトルと光Lの方向ベクトルとの内積の値が正の場合は、着目したポリゴン面は、光Lに対して表を向いている。図2の例によれば、ポリゴンACD、ポリゴンADBが光Lに対して表を向いていから、これらのポリゴンACD、ポ

リゴンADBについて、影Lsの発生処理は、不要となる。このため、影発生処理のプログラムは、ポリゴンACD、ポリゴンADBについて、影Lsの発生処理を実行せず、次のポリゴン面の処理に進む。

【0031】ポリゴン面の法線ベクトルと光Lの方向ベクトルとの内積の値が負の場合は、着目したポリゴン面は、光Lに対して裏を向いていることになる。図2の例によれば、ポリゴンABCが光Lに対して裏を向いていから、ポリゴンABCについて、影Lsの発生処理が必要となる。そこで、影発生処理のプログラムは、光Lに対して裏となるポリゴンABCについて、影Lsの発生処理を行う。

【0032】影の発生処理のプログラムは、ポリゴンABCの各頂点A、B、Cを平行な光Lのベクトル方向に描画対象となる描画空間の境界に移動させ、ポリゴンABCの影空間として三角柱の立体ABCPQRを形成する。なお、点光源であれば、影空間としての立体ABCPQRは、三角錐台となる。

【0033】つぎに、影発生処理のプログラムは、ポリゴンABCの影空間としての立体ABCPQRを構成する各面について、描画するときの視点Eから見て、立体ABCPQRの裏の面の範囲の輝度に、輝度調整用の定値Kを加算して、裏の面の範囲の輝度を明るくし、つぎに、描画するときの視点Eから見て、立体ABCPQRの表の面の範囲の輝度から輝度調整用の定値Kを減算して、表の面の範囲の輝度を暗くする処理をする。ここで、定値Kは、影Lsの輝度レベルに対応して適当な数値として決定される。

【0034】この輝度調整の処理により、影空間としての立体ABCPQRの空間内にポリゴン α が存在しないとき、立体ABCPQRの各面の輝度は、 $K-K=0$ により変化しない。このため、影空間としての立体ABCPQRの空間内に影Lsは、発生しない。

【0035】また、上記の輝度調整の処理により、影空間としての立体ABCPQRの空間内にポリゴン α の一部または全部が存在するとき、描画時に視点Eに対してポリゴン α より奥にある立体ABCPQRの面BQRCの一部、つまり影Lsの範囲は、隠面消去により描画処理されず、輝度を定値Kだけ明るくすることにならない。つまり、影Lsの範囲の奥の一部の面BQRCでの+定値Kの輝度調整は、無効となる。このため、影Lsの範囲に関して、ポリゴン α より視点Eに対して手前にある立体ABCPQRの面ABQP、すなわち視点Eに対して表の面の範囲にある輝度を結果的に一定値Kとする処理のみとなり、表現上、ポリゴンABCの影Lsがポリゴン α に暗く投影されている状態と同等になる。

【0036】このことから、影空間としての立体ABCPQRの空間内で、ポリゴンABCの影Lsは、簡単な輝度の調整計算により、ポリゴン α に高速かつ正確に描画できることになる。

【0037】これで1つのポリゴンABCの影Lsの処理が終わる。なお、影Lsを落とすポリゴンが2以上あるとき、影発生処理のプログラムは、次のポリゴンの処理に進み、同一の処理を繰り返す。全てのポリゴンの処理が終わったときに、影Lsの描画処理が終了する。

【0038】影空間としての立体ABCRQPに、複数nのポリゴン α が存在している場合には、影Lsの落ちたところに影Lsが落ち、重複した処理により定値Kがn回分減算されてしまう。この矛盾点は、輝度低下の幅を一段階とし、その範囲を超えたときには、輝度の減算を1回の定値Kのみとする制限処理により、回避できる。

【0039】ただし、輝度調整の順番を裏（明るくする処理）からする必要がある。なぜなら、一定値Kの処理状態で、次のポリゴンに処理が移ったとき、表から裏への順であると、 $-K-K=-2K$ が一定値Kのレベルに制限処理された後に、+定値Kのレベルに調整されるので、 ± 0 になり、影の効果がなくなってしまうからである。これに対して、裏から表への順であれば、一定値Kに+定値Kとされ（ $=0$ ）、その後、一定値Kのレベルに調整されるので、一定値Kの状態が保存されることになる。

【0040】視点Eが立体ABCRQP内に入っている場合は、視点Eに対して表の面は存在しないが、例外的に表の面が視界を覆っている状態として処理する。

【0041】立体ABCRQP内の隣接するポリゴン α のどちらも影Lsを落とす場合、共有する辺ACの影Lsの処理は、省略することができる。なぜなら、それぞれの影空間は、同一の面を共有し、一方が輝度を明るくすれば、必ず他方は輝度を暗くするので、処理上、無意味な処理になるからである。

【0042】次に、図4は、一例として点光源からの放射状の光Lのもとで、窓や透明体などからの入射する光Lによって、照射域Liをポリゴン α の一部に形成する例を示す。既述のように、窓や透明体などからの入射する光Lは、床、壁、天井、複雑な形状の立体などを照射して、立体の面に周囲の輝度よりも高い輝度の照射域Liを形成する。この照射域Liは、周囲の輝度よりも低い輝度の影Lsに対して、逆の関係にある。

【0043】したがって、前記の影Lsの描画において、ポリゴンABCが窓または透明体と仮定すれば、立体ABCPQRは、入射する光Lの照射空間となる。この照射空間としての立体ABCPQRの各面に影Lsの描画時と異なる正、負の符号により輝度の調整を施せば、窓や透明体から入射する光Lにより、周囲の輝度よりも高い輝度の照射域Liがポリゴン α に高速かつ正確に描画できる。

【0044】この照射域発生処理でも、照射空間としての立体ABCRQPに、複数のポリゴン α が存在しているとき、輝度の調整を視点Eに対して表から裏への

順に行い、輝度の調整幅を一段階とし、その範囲を超えたときには、輝度の加算値を定値Kのみとする。

【0045】また、視点Eが照射空間としての立体ABCRQP内に入っていて、視点Eに対して表の面が存在しないとき、例外的に表の面が視界を覆っている状態として処理する。

【0046】さらに、照射空間としての立体ABCRQP内の隣接するポリゴン α のどちらにも照射域Liが発生するとき、ポリゴン α の共有する辺の照射域Liの処理を省略する。

【0047】ちなみに、影付け処理や、照射域の処理において、光源が複数ある場合は、光源毎に全ての輝度調整を行い、その輝度調整の結果を光源の明るさや色彩によって調整する。

【0048】また、視点が複数ある場合、それぞれの視点毎に、輝度調整の処理を行い、最後に合わせて調整する。

【0049】輝度調整時に使用するZバッファは、通常の描画時に作成したZバッファをそのまま使用する。輝度調整時には、Zバッファを参照するが、更新はしないように設定する。

【0050】さらに、輝度調整時に、可能であれば、通常の描画時に作成したフレームバッファ（F1）をそのまま使用し、更新することが処理を高速にできるが、別に、初期化したフレームバッファ（F2）を新しく用意し、これを輝度調整時に使用して、一連の処理が終了した後、これをテクスチャとして、フレームバッファ（F1）にそのままフィルターとして使用することにより、さらに輝度の調整が可能となる。

【0051】ところで、図5は、ある陰面のポリゴンABCが他のポリゴンEFGの影空間としての立体EFGSTUと干渉するときの状態を示している。このような状態で、本発明にもとづいて、他のポリゴンEFGの影付け処理が実行されると、ポリゴンEFGについて、輝度調整用の立体EFGSTUの各面の輝度調整によって、あるポリゴンABCのうち、干渉域としての三角形HIJの輝度は、Zバッファ方式にもとづいて定値Kだけ低下し、変更されたままとなり、初期設定の輝度値でなくなる。

【0052】このような不都合な輝度の変化は、立体ABCDの描画を終えた段階で、ある陰面となるポリゴンABCや、他の陰面となるポリゴンEFGのように、光Lの方向ベクトルと面の法線ベクトルの内積が正のときには、その面への輝度の調整を禁止しておくことにより、防止できる。したがって、ある陰面となるポリゴンABCや、他の陰面となるポリゴンEFGの輝度は、立体ABCDの陰面処理後の影付け処理によっても、変化せず、初期の輝度値を保持する。この輝度の調整の禁止により、従来の陰の発生する面ABCの輝度調整の必要が無くなり、その分、処理の高速化が図られる。

【0053】上記のような不都合な輝度の変化の現象は、光照射域 L_i の発生処理の過程でも、輝度の定値 K だけ上昇となって現れる。すなわち、図示しないが、図4および図5を想定して、あるポリゴン ABC が他の光 L を通過させるポリゴン EFG の光照射空間としての立体 $EFGSTU$ と干渉するとき、プログラムは、立体 $ABCD$ の描画を終えた段階で、あるポリゴン ABC についての輝度処理後の輝度の変更を禁止しておくことにより、他のポリゴン EFG の光照射域 L_i の処理によって、あるポリゴン ABC での輝度の上昇を防止する。

【0054】以上の一連の輝度調整の方法は、フラットシェーディングにおいて精密な描画を実現するが、スムーズシェーディングに拡張して、応用することもできる。図6は、ポリゴン ABC についてスムーズシェーディングを実行するときの例を示す。

【0055】ポリゴン ABC の各頂点の法線ベクトルと光 L の方向ベクトルとの内積をそれぞれ求め、3頂点の全てが同じ符号で、符号が正のときには、フラットシェーディングと同様の処理をし、3頂点の全てが同じ符号でないときは、ポリゴン ABC を、補間された頂点の法線ベクトルと光 L の方向ベクトルとの内積の符号が同じになるような2つの三角形、または1つの三角形と1つの四角形の2つの図形に分割して、面の法線ベクトルと光 L の方向ベクトルとの内積が正の図形についてフラットシェーディングと同様の処理を行う。このとき、四角形がこれに該当する場合は、それを2つの三角形に分割してそれぞれ処理を行う。

【0056】頂点の法線ベクトルと光 L の方向ベクトルとの内積の符号について、0のときはどちらにも含めない。例えば、2頂点が正で、1頂点が0の場合は、3頂点が同一の符号として扱う。スムーズシェーディングを施した場合に、ポリゴン ABC 内の点で、法線ベクトルと光の方向ベクトルとの内積が正になる部分は、図6の網掛けの部分 aBc である。

【0057】

【発明の効果】本発明の効果は、3Dコンピュータグラフィックスにおいて、光による物体の影の範囲、または窓などから入射する光の光照射域を正確かつ高速に描画ができるため、3Dグラフィックツール使用時のオペレーターの待ち時間を短縮することができ、また、インタラクティブな表示を行うときに、今まで実現できなかった光による物体の影の範囲の描画、または窓などから入射する光による光照射域の描画を正確に行うことにより、よりリアルな表現が実現できる。

【0058】影空間または光照射空間としての立体内に、複数のポリゴンが存在しているとき、輝度の調整を視点に対して裏、表の順を特定して、輝度の調整を行い、輝度の調整幅を一段階とし、その範囲を超えたときには、輝度の調整値を一定の値のみとすることにより、影の範囲の輝度が必要以上に低くならず、また、光照射

域の輝度が必要以上に高くなるなくなる。

【0059】視点が影空間または光照射空間としての立体内に入っていて、視点に対して表の面が存在しないとき、例外的に表の面が視界を覆っている状態として処理することによって、上記の特殊な態様でも、同様な影処理や光照射域の処理が可能となる。

【0060】影空間または光照射空間としての立体内の隣接するポリゴンのどちらにも影や光照射域が発生するとき、隣接するポリゴンの共有する辺の影の処理を省略することにより、演算時間がより短くできる。

【0061】さらに、あるポリゴンが他のポリゴンの影空間または光照射空間としての立体と干渉するとき、立体の描画を終えた段階で、あるポリゴンについての輝度処理後の輝度の変更を禁止しておくことにより、他のポリゴンの影付けの処理または光照射域の処理によって、あるポリゴンでの輝度の低下や上昇を防止でき、これによって初期の輝度での立体の描画状態が保持できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法を実行するためのシステムのブロック線図である。

【図2】本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法により影が発生するときの説明図である。

【図3】本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法により影が発生するときのフローチャート図である。

【図4】本発明の3Dコンピュータグラフィックスにおける光による輝度の高速調整方法により光照射域が発生するときの説明図である。

【図5】図5は、ある陰面のポリゴン ABC が他のポリゴン EFG の影空間としての立体 $EFGSTU$ と干渉するときの状態の説明図である。

【図6】図6は、ポリゴン ABC についてスムーズシェーディングを実行するときの例の説明図である。

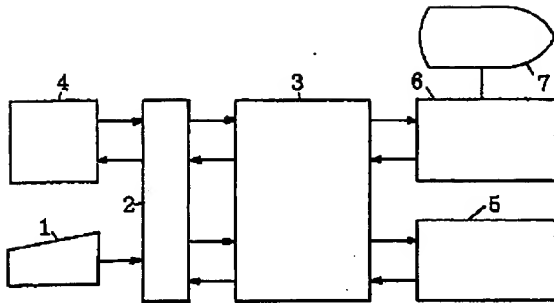
【符号の説明】

- 1 入力器
- 2 インターフェース
- 3 CPU
- 4 ディスクドライブ
- 5 メモリ
- 6 表示コントローラ
- 7 ディスプレイ
- α ポリゴン
- L 光
- L_s 影
- L_i 光照射域
- E 視点
- K 輝度調整用の定値
- ABC ポリゴン

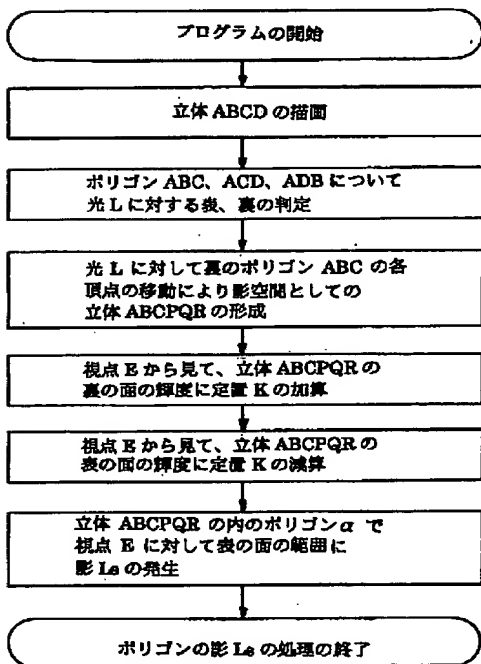
ACD ポリゴン
 ADB ポリゴン
 EFG ポリゴン
 A、B、C 頂点
 E、F、G 頂点

ABCPQR 影空間としての立体または光照射空間としての立体
 EFGSTU 影空間としての立体または光照射空間としての立体

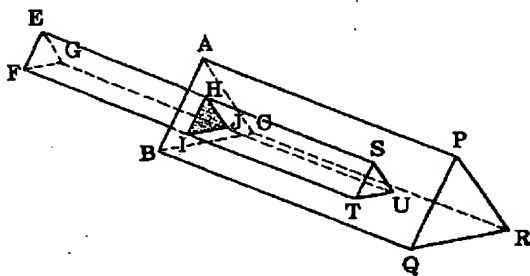
【図1】



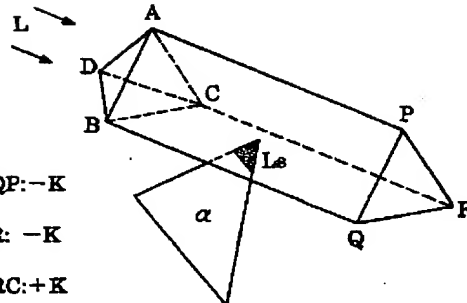
【図3】



【図5】



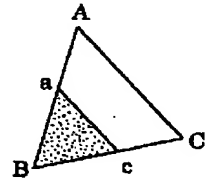
【図2】



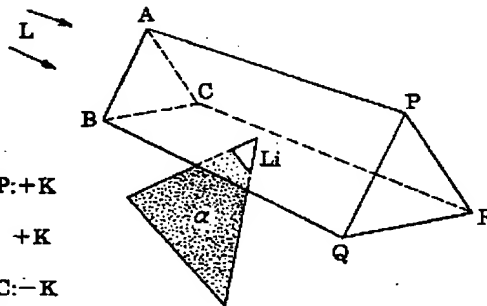
面 ABQP: -K
 面 PQR: -K
 面 BQRC: +K
 面 APRC: +K
 面 ABC: +K

• E

【図6】



【図4】



面 ABQP: +K
 面 PQR: +K
 面 BQRC: -K
 面 APRC: -K
 面 ABC: -K

• E

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.